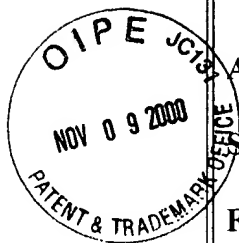


PATENT

Attorney Docket No.: 678-529 (P9530)

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE



APPLICANTS: Hye-Jeong KIM et al.

#2

SERIAL NO.: 09/677,085

FILED: September 29, 2000

DATED: November 6, 2000

FOR: SYSTEM AND METHOD FOR COMPENSATING
TIMING ERROR USING PILOT SYMBOL IN OFDM/CDMA
COMMUNICATION SYSTEM

Assistant Commissioner For Patents
Washington D. C. 20231

RECEIVED

DEC 1 1 2000

TRANSMITTAL OF CERTIFIED COPY TECHNOLOGY CENTER 2800

Sir:

Enclosed is a certified copy of Korean Patent Application No. 41669 filed on
September 29, 1999 and from which priority is claimed under 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

Paul J. Farrell

Reg. No. 33,494

Attorney for Applicants

RECEIVED

DEC 1 3 2000

Technology Center 2600

DILWORTH & BARRESE, LLP
333 Earle Ovington Blvd.
Uniondale, NY 11553
(516) 228-8484
PJF/TT/lah

CERTIFICATION UNDER 37 C.F.R. § 1.8(a)

I hereby certify that the document referred to as enclosed therein is being deposited with the United States Postal Service as first class mail, postage paid in an envelope addressed to: Assistance Commissioner for Patents, Washington, D. C. 20231 on November 6, 2000.

Dated: November 6, 2000

Paul J. Farrell

S.N. 09/677,085
Jin-Geong Kim et al.
App. No.: 678-529
(P9530)



대한민국 특허청
KOREAN INDUSTRIAL
PROPERTY OFFICE

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Industrial
Property Office.

출원번호 : 특허출원 1999년 제 41669 호
Application Number

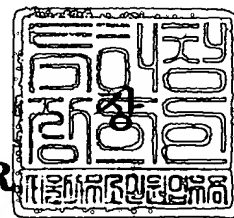
출원년월일 : 1999년 09월 29일
Date of Application

출원인 : 삼성전자 주식회사
Applicant(s)

2000 년 10 월 18 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0002
【제출일자】	1999.09.29
【국제특허분류】	H04M
【발명의 명칭】	직교주파수분할다중 /코드분할다중접속 통신시스템에서 파일럿 심벌을 이용한 타이밍 오류 복구 시스템 및 방법
【발명의 영문명칭】	SYSTEM AND METHOD FOR COMPENSATION TIMING ERROR USING PILOTSYMBOL IN OFDM/CDMA COMMUNICATION SYSTEM
【출원인】	
【명칭】	삼성전자주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3
【대리인】	
【성명】	이건주
【대리인코드】	9-1998-000339-8
【포괄위임등록번호】	1999-006038-0
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김혜정
【성명의 영문표기】	KIM,Hye Jeong
【주민등록번호】	701106-2821811
【우편번호】	463-050
【주소】	경기도 성남시 분당구 서현동 우성아파트 228동 1506호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이현규
【성명의 영문표기】	LEE,Hyun Kyu
【주민등록번호】	650315-1069018
【우편번호】	463-050
【주소】	경기도 성남시 분당구 서현동 263번지 삼성프라자 10층
【국적】	KR
【심사청구】	청구

【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인
이건주 (인)

【수수료】

【기본출원료】 20 면 29,000 원

【가산출원료】 9 면 9,000 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 9 항 397,000 원

【합계】 435,000 원

【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】

【요약】

본 발명은 직교주파수분할다중/부호분할다중접속 통신시스템의 타이밍 복구 시스템 및 방법에 관한 것으로, 특히 심벌단위로 삽입되는 파일럿 심벌을 이용하여 타이밍 오류를 복구하는 시스템 및 방법에 관한 것이다. 이러한 본 발명은 심벌단위의 파일럿 심벌을 포함하고 있는 직교주파수분할다중 신호를 수신하는 직교주파수분할다중 시스템에 있어서, 소정의 타이밍 오류 추정신호를 입력받아 상기 직교주파수분할다중 신호를 디지털 형태의 직교주파수분할다중 심벌로 변환하여 출력하는 아날로그/디지털 변환기와, 소정의 고속 푸리에 변환 윈도우의 상기 직교주파수분할다중 심벌을 입력받고, 상기 타이밍 오류 추정 신호를 입력받아 보호구간을 제거하여 출력하는 보호구간 제거기와, 고속 푸리에 변환된 직교주파수분할다중 심벌로부터 파일럿 심벌을 검출하는 파일럿 심벌 검출기와, 상기 검출된 파일럿 심벌을 입력받아 정확한 선형특성을 이용하여 타이밍 신호를 상기 아날로그/디지털 변환부와 보호구간 제거기로 출력하는 타이밍 복구기로 이루어짐을 특징으로 한다.

【대표도】

도 4

【색인어】

OFDM/CDMA, PILOT SYMBOL, TIMING ERROR, TIMING OFFSET

【명세서】

【발명의 명칭】

직교주파수분할다중/코드분할다중접속 통신시스템에서 파일럿 심벌을 이용한 타이밍 오류 복구 시스템 및 방법{SYSTEM AND METHOD FOR COMPENSATION TIMING ERROR USING PILOT SYMBOL IN OFDM/CDMA COMMUNICATION SYSTEM}

【도면의 간단한 설명】

도1은 일반적인 직교주파수분할다중/부호분할다중접속 통신시스템의 블록 구성도를 나타낸 도면.

도2는 일반적인 직교주파수분할다중/부호분할다중접속 통신시스템에서 파일럿 샘플 삽입 방법을 나타낸 포맷도.

도3은 일반적인 직교주파수분할다중/부호분할다중접속 통신시스템에서 위상 라인을 나타낸 도면.

도4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 직교주파수분할다중/부호분할다중접속 통신시스템의 블록 구성도를 나타낸 도면.

도5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 직교주파수다중/부호분할다중접속 이동통신시스템에서 파일럿 심벌 삽입 방법을 나타낸 포맷도.

도6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 직교주파수다중 이동통신시스템에서 위상차 기울기를 나타낸 도면.

도7은 상기 도5의 타이밍 복구기의 상세 블록도를 나타낸 도면.

도8은 상기 타이밍 복구기에서 수행되는 파일럿 심벌을 이용한 타이밍 에러 보상 방법을 나타낸 흐름도.

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<9> 본 발명은 직교주파수분할다중/부호분할다중접속 통신시스템의 타이밍 복구 시스템 및 방법에 관한 것으로, 특히 심벌단위로 삽입되는 파일럿 심벌을 이용하여 타이밍 오류를 복구하는 시스템 및 방법에 관한 것이다.

<10> 일반적으로 직교주파수분할다중(Orthogonal Frequency Division Multiplex: 이하 'OFDM'라 함)/부호분할다중접속(Code Division Multiplex Access: 이하 'CDMA'라 함) 통신 시스템은 직교성을 가지는 다중 반송파를 이용한다. 상기 OFDM/CDMA 통신시스템의 수신기 또한 다른 이동통신시스템 수신기와 마찬가지로 복조시 송신기로부터 송신되는 OFDM 신호를 동기화하기 위해 프레임 동기, 샘플링 동기, 반송 주파수 동기 등을 수행한다. OFDM/CDMA 통신시스템은 복조시 직교성을 유지해야 하므로 정확한 동기가 이루어져야 직교성을 유지할 수 있다. 직교주파수분할다중 시스템의 수신단에서 직교성의 유지는 통화 품질과 직접적인 연관성을 갖는다.

<11> 도1은 일반적인 OFDM/CDMA 통신시스템의 블록 구성도이고, 도2는 일반적인 파일럿 신호의 삽입 구조를 나타낸 도면이다. 이하 도1 내지 도2를 참조하여 설명한다.

<12> 먼저, 송신기의 구성을 설명하면, 파일럿 샘플 삽입기(101)는 일반적으로 N개의 샘

플로 구성되는 데이터 심벌을 입력받고, 도2와 같이 일정간격으로 파일럿 샘플을 삽입하여 출력한다. 상기 파일럿 샘플 삽입방법에는 파일럿 심벌을 삽입할 위치의 실제 샘플 데이터를 지연시켜 삽입하는 방법과, 상기 실제 샘플 데이터를 평균화하여 삽입하는 방법과, 심벌내의 샘플 개수를 파일럿 샘플 개수를 2배로 하여 삽입하는 방법이 있다. 상기 데이터 심벌은 N배의 레이트(Rate)를 가지는 코드로 확산된 신호이다. 직/병렬 변환기(103)는 상기 파일럿 샘플 삽입기(101)에서 출력되는 파일럿 심벌을 N개의 샘플 데이터로 분리하여 병렬로 역 고속 푸리에 변환부(Inverse Fast Fourier Transform: 이하 'IFFT'라 함-105)로 출력한다. 상기 IFFT(105) 이전의 과정은 주파수 영역에서 수행되어진다. IFFT(105)는 상기 직/병렬 변환기(103)에서 출력되는 N개의 샘플데이터를 입력받아 역 고속 푸리에 변환을 수행하여 시간영역으로 변환된 N개의 샘플데이터를 출력한다. 병/직렬 변환기(105)는 상기 IFFT(105)에서 출력되는 샘플데이터를 입력받아 N개의 샘플로 구성되는 OFDM 심벌을 보호구간 삽입기(107)로 출력한다. 그러면 보호구간 삽입기(109)는 상기 N개의 샘플데이터 중 G개의 샘플을 복사한 보호구간을 상기 OFDM 심벌의 앞단에 삽입하여 출력한다. 디지털/아날로그 변환부(Digital to Analog Converter: 이하 'DAC'라 함-109)는 상기 보호구간 삽입기(107)에서 출력되는 OFDM 심벌을 입력받아 아날로그 형태로 변환된 OFDM 신호를 전송한다.

- <13> 상기 송신기에서 송신된 OFDM 신호는 수신기의 아날로그/디지털 변환부(Analog to Digital Converter: 이하 'ADC'라 함-111)로 수신된다. OFDM 신호를 수신한 ADC(111)는 디지털 형태의 OFDM 심벌로 변환하여 보호구간 제거기(112)로 출력한다. 보호구간 제거기(112)는 상기 OFDM 심벌을 입력받아 OFDM 심벌에 포함되어 있는 보호구간을 제거하여 출력한다. 상기 ADC(111)과 보호구간 제거기(112)는 소정의 타이밍 신호를 입력받아 각

각의 동작을 수행한다. 직/병렬 변환기(113)는 상기 보호구간 제거기(112)에서 출력되는 OFDM 심벌을 입력받아 N개의 샘플 데이터로 분리하여 병렬로 출력한다. FFT(114)는 상기 병렬로 입력되는 N 샘플 데이터를 입력받아 고속 푸리에 변환을 수행하여 출력한다. 상기 FFT(114)에서 출력되는 N 샘플 데이터는 주파수 영역에서의 데이터이다. 주파수 영역에서의 N 샘플 데이터는 병/직렬 변환부(115)에서 직렬로 변환되어 데이터 심벌로서 파일럿 샘플 검출기(116)로 입력한다. 파일럿 샘플 검출기(116)는 상기 병/직렬 변환부(115)에서 출력되는 데이터 심벌을 입력받고, 입력되는 데이터 심벌이 파일럿 심벌이면 타이밍 복구기(117)로 출력하고, 실제 데이터 심벌이면 역확산기(119)로 출력한다. 타이밍 복구기(117)는 상기 데이터 심벌을 입력받고 FFT의 이하 <수학식 1>의 특성을 이용하여 타이밍 오류를 복구하여 상기 ADC(111)과 보호구간 제거기(112)로 타이밍 산호를 출력한다.

<14> 【수학식 1】

$$x[n-n_0] \Leftrightarrow X(k) W_N^{k n_0} \quad \text{where } W_N = e^{-j\frac{2\pi}{N}}$$

<15> 상기 타이밍 복구기(117)의 구체적인 동작을 상기 <수학식 1>을 참조하여 구체적으로 설명한다. 타이밍 복구기(117)는 상기 파일럿 샘플 검출기(116)에서 검출된 파일럿 샘플의 위상과 미리 알고 있는 기준 위상과의 차를 구한 후 그 값의 변화율을 이용하여 타이밍 오류를 추정한다.

<16> 역확산기(119)는 상기 파일럿 샘플 검출기(116)로부터 데이터 심벌을 입력받아 역확산하여 출력한다.

<17> 상술한 바와 같이 OFDM/CDMA 통신시스템에서 타이밍을 복구하는 방법에는 세 가지가 있다. 첫 번째는 상기한 바와 같이 원래의 데이터 사이에 파일럿 샘플을 삽입하는 경

우 OFDM/CDMA 통신시스템은 한 심벌 내의 각각의 샘플들이 같은 정보를 가지고 있으므로 수신단에서 심벌단위로 데이터를 처리해야 한다. 그런데 위와 같은 방법을 사용할 경우 파일럿 샘플 개수만큼 데이터가 뒤로 밀리게 되어, 심벌단위의 전송이 되지 않고, 또한 실제 데이터 심벌이 시작되는 샘플의 위치가 계속 변하게 되므로, 수신단에서 실제 데이터 심벌의 시작위치를 계속 찾아야 하는 문제점이 발생한다.

<18> 그리고 두 번째로 수신단에서의 복잡도를 줄이기 위해 한 심벌내의 샘플 개수를 2배로 하여 실제 데이터와 파일럿 샘플을 함께 보내는 경우 송신 데이터의 전송률이 두배 이상 늘어나게 되어 데이터 전송률이 커질수록 사용하기 힘든 문제점이 있다.

<19> 세 번째로 파일럿 샘플을 실제 데이터 샘플을 평치링하여 삽입하는 경우 파일럿 샘플은 수신단에서 역확산 과정을 거쳐 실제 데이터를 복구하려 할 때 심각한 노이즈로 발생하는 문제점이 있다.

<20> 또한 수신단에서 시간 영역의 주파수 오류는 FFT단을 거치게 되면 주파수 영역에서의 이동 텀(Shift Term)으로 나타나게 되는데, 만약 부반송파 공간보다 큰 주파수 오류가 생겼을 경우 FFT단을 거치게 되면 1샘플 이상의 이동이 발생하게 되어, 파일럿 샘플이 있어야 할 자리에 다른 데이터가 오게 된다. 이는 심벌내의 파일럿 샘플 위치가 연속적이지 않기 때문인데, 이 경우 필요로 하는 정보를 전혀 얻을 수가 없게 되어 기존의 방법으로는 타이밍 복구가 불가능하게 된다.

<21> 구체적으로 이상적인 시스템에서는 상기 <수학식 1>에서처럼 수신된 파일럿 심벌과 기준 심벌의 위상차가 $2\pi n_e k/N$ 으로 인덱스 k 에 대해 선형 특성을 갖는다. 즉 위상차의 인덱스 k 에 대한 기울기를 구하여 $2\pi/N$ 으로 나누어주면 타이밍 오류 n_e 를 바로 구해낼 수 있다. 그러나 값이 $\pm\pi$ 로 제한되는 위상의 특성상 선형의 위상 라인을 얻을 수 없

고 $\pm\pi$ 부근에서 $\pm 2\pi$ 정도의 급격한 변화가 일어나는 위상 라인을 얻게된다. 이 경우에 선형 라인으로 전환하는 과정이 필요하게 된다. 이것은 이상적이지 않은 시스템에서는 더욱 심각한 문제들을 발생하게 된다. 위상 라인에 영향을 미치는 요소는 크게 주파수 오류, 공통 위상 에러(Common Phase Error: CPE), 잡음, 비순환 이동 등이 있다.

<22> 수신단에서 주파수 오류(이하 ' k_e '라 함)는 한 샘플 간격의 정수배의 주파수 오류(이하 ' k_{ei} '라 함)와 한 샘플 간격 이내의 오류(이하 ' k_{ed} '라 함)로 나눌 수 있다. 시간 영역의 주파수 오류 k_e 는 FFT단을 거치게 되면 주파수 영역에서의 이동 텀으로 나타나게 되는데, 만약 한 샘플의 주기보다 큰 주파수 오류 k_{ei} 가 생겼을 경우 FFT단을 거치게 되면 파일럿 심벌내의 각각의 파일럿 샘플들이 한 샘플이상 이동하게 되어 원래의 파일럿 샘플이 아닌 다른 데이터를 수신하게 되어 정확한 위상차를 구하기 힘들게 된다. 또한 주파수 오류 k_{ed} 도 위상의 변동으로 나타나 위상 라인에 영향을 미친다. 이럴 경우 도3과 같이 위상 라인이 형성된다. 상기 위상 라인에서 도트(Dot)로 표시된 부분이 파일럿 샘플을 의미한다.

<23> 그러므로 OFDM/CDMA 통신시스템에서 기존의 타이밍 복구 방법을 사용하려면 반드시 부반송파 공간 이상의 주파수 오류를 보상한 후 타이밍을 추정하여야 한다.

<24> 파일럿 샘플의 개수도 성능을 좌우하는 중요한 요소이다. 타이밍 오류가 클수록 위상의 변화량이 커지고, 또한 추이의 횟수도 많아지므로, 많은 파일럿 샘플을 필요로 하는데, 최소한 하나의 심벌 내에 타이밍 오류의 4배 이상의 파일럿 샘플을 필요로 한다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

- <25> 따라서 본 발명의 목적은 송신기에서 파일럿 신호를 심벌단위로 삽입하여 전송하고, 수신기는 상기 파일럿 심벌을 검출하여 타이밍 오류를 복구하는 시스템 및 방법을 제공함에 있다.
- <26> 본 발명의 다른 목적은 송신기에서 파일럿 신호를 심벌단위로 삽입하여 전송하고, 수신기는 상기 파일럿 심벌을 검출하여 선형적인 위상 라인을 구하여 타이밍 오류를 복구하는 시스템 및 방법을 제공함에 있다.
- <27> 상기한 목적을 달성하기 위해서 본 발명은 심벌단위의 파일럿 심벌을 포함하고 있는 직교주파수분할다중 신호를 수신하는 직교주파수분할다중 시스템에 있어서, 소정의 타이밍 오류 추정신호를 입력받아 상기 직교주파수분할다중 신호를 디지털 형태의 직교주파수분할다중 심벌로 변환하여 출력하는 아날로그/디지털 변환기와, 소정의 고속 푸리에 변환 윈도우의 상기 직교주파수분할다중 심벌을 입력받고, 상기 타이밍 오류 추정 신호를 입력받아 보호구간을 제거하여 출력하는 보호구간 제거기와, 고속 푸리에 변환된 직교주파수분할다중 심벌로부터 파일럿 심벌을 검출하는 파일럿 심벌 검출기와, 상기 검출된 파일럿 심벌을 입력받아 정확한 선형특성을 이용하여 타이밍 신호를 상기 아날로그/디지털 변환부와 보호구간 제거기로 출력하는 타이밍 복구기로 이루어짐을 특징으로 한다.
- <28> 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은 직교주파수분할다중 시스템의 타이밍 복구 방법에 있어서, 수신된 파일럿 심벌의 샘플단위로 위상을 검출하는 과정과, 상기 검출된 위상과 기준 위상의 위상차를 구하여 일정 범위내의 위상차로 변환하는 과정과, 상기 일정 범위 내에서의 추이 횟수를 카운트하는 과정과, 상기 카운트 값이 일정 값보다 큰지

를 판단하는 과정과, 상기 카운트 값이 일정 값보다 크면 타이밍 에러를 보상하는 과정으로 이루어짐을 특징으로 한다.

【발명의 구성 및 작용】

- <29> 이하 본 발명에 따른 바람직한 실시 예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 우선 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 그리고 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- <30> 일반적인 통신시스템에서 샘플링 주파수 오프셋이나 샘플링 위상 오프셋 등의 타이밍 오류 값들의 시간에 따른 변환율이 크지 않다는 점을 이용한다. 이는 일정한 시간이내의 데이터들은 같은 크기의 타이밍 오류를 갖는다고 생각해도 무방하다는 의미인데, 그 시간 내에서는 타이밍 오류를 한번만 찾아서 보상해주면 된다. 파일럿 심벌을 삽입하는 주기는 샘플링 클럭을 발생하는 발진기의 성능에 따라, 또한 시스템이 요구하는 동기 시간 내에 타이밍 복구가 이루어질 수 있도록 적절하게 결정할 수 있다.
- <31> 도4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 직교주파수분할다중/부호분할다중접속 통신시스템의 블록 구성도를 나타낸 도면으로서, 이하 도4를 참조하여 본 발명에 따른 직교주파수분할다중/부호분할다중접속 통신시스템의 구성을 설명한다.
- <32> 곱셈기(131)는 실제 데이터 심벌과 N배의 레이트를 가지는 코드를 곱하여 입력되는

데이터를 확산하여 출력한다. 이때 하나의 데이터 심벌은 N개의 샘플 데이터로 구성된다. 직/병렬 변환기(133)는 상기 곱셈기(131)에서 출력된 데이터 심벌을 입력받아 N개의 샘플 데이터로 분리하여 병렬로 출력한다. 파일럿 심벌 삽입기(135)는 상기 직/병렬 변환기에서 입력되는 N개의 샘플 데이터를 입력받아 IFFT(137)로 출력하고, 일정 간격으로 파일럿 심벌을 삽입하여 출력한다. 즉 상기 파일럿 심벌 삽입기(135)는 N개의 파일럿 샘플을 상기 직/병렬 변환기(133)에서 출력되는 N개의 샘플 데이터로 구성되는 데이터 심벌 열에 일정 주기로 삽입 병렬 출력한다. IFFT(137)는 상기 파일럿 심벌 삽입기(135)에서 출력되는 데이터를 역 고속 푸리에 변환하여 OFDM 심벌을 출력한다. 상기 OFDM 심벌은 보호구간 삽입기(139)에서 보호구간이 삽입되어 DAC(141)을 통해 아날로그 형태의 OFDM 신호로 변환되어 전송된다.

<33> 수신기의 ADC(145)는 상기 송신기에서 송신된 OFDM 신호를 수신하여 보호구간을 포함하는 디지털 형태의 OFDM 심벌로 변환하여 보호구간 제거기(147)로 출력한다. 보호구간 제거기(147)는 상기 ADC(145)에서 출력되는 OFDM 심벌을 입력받고, 상기 OFDM 심벌에 포함되어 있는 보호구간을 제거하여 출력한다. 상기 ADC(145)와 보호구간 제거기(147)는 소정의 타이밍 신호를 입력받아 해당 동작을 수행한다. FFT(149)는 상기 보호구간 제거기(147)에서 출력되는 OFDM 심벌을 입력받아 푸리에 변환하여 N개의 샘플 데이터를 병렬로 출력한다. 병/직렬 변환부(115)는 상기 병렬로 입력되는 N개의 샘플 데이터를 직렬로 변환하여 데이터 심벌을 타이밍 복구기(151)와 역확산기(153)로 출력한다. 역확산기(153)는 상기 병/직렬 변환부(150)에서 출력되는 데이터 심벌을 입력받아 역확산하여 출력한다. 타이밍 복구기(151)는 상기 데이터 심벌열을 입력받고, 상기 데이터 심벌열 중 파일럿 심벌을 검출하여 타이밍 에러가 검출되면 이를 보상하여 보상된 타이밍 신호를

상기 ADC(145)과 보호구간 제거기(147)로 출력한다.

<34> 상술한 수신기의 동작을 수학적 개념에 의해 구체적으로 설명한다.

<35> 실제 전송 상에서는 주파수 오류가 발생한다. 한 심볼단위의 주파수 오류량을 k_e [Hz/symbol]라 하면 한 샘플 단위의 주파수 오류량은 k_e/N [Hz/sample]이고, m 번째 심벌의 n 번째 샘플의 주파수 오류 $k_m[n]$ 은 이하 <수학식 2>로 나타낼 수 있다.

<36> 【수학식 2】

$$k_m[n] = \frac{k_e}{N} m(N+G) + \frac{k_e}{N} n$$

<37> 상기 송신기의 보호구간 삽입기(139) 전단의 신호를 $X_m[n]$ 이라고 하면, 보호구간을 제거한 FFT(149) 입력단의 신호 $y'_m[k]$ 와 FFT(149)단을 거친후의 신호 $y'_m[n]$ 이라 할 때, 상기 $y'_m[k]$ 와 $y'_m[n]$ 은 이하 <수학식 3>로 나타낼 수 있다.

<38> 【수학식 3】

$$\begin{aligned} y_m[n] &= x_m[n] e^{j2\pi k_m[n]} \cdot e^{P_s} + W_m[n] \\ &= x_m[n] e^{\frac{j2\pi k_e m(N+G) + j2\pi k_e n}{N}} \cdot e^{P_s} + W_m[n] \\ &= x_m[n] e^{\frac{j2\pi k_e}{N}} \cdot e^{2\pi k_e \frac{m(N+G)}{N}} \cdot e^{P_s} + W_m[n] \end{aligned}$$

<39> FFT 시작점 검출 오류, 타이밍 주파수 오프셋(Timing Frequency Offset), 타이밍 위상 오프셋(Timing Phase Offset) 등의 타이밍 오류를 n_e 라고 하면, 수신단에서 ADC(145)를 거친 후 보호구간을 제거한 실제 FFT(149) 입력단의 신호는 이하 <수학식 4>와 같이 나타낼 수 있다.

<40> 【수학식 4】

$$\begin{aligned} y'_m(k) &= y_m[n-n_e] \\ &= x_m[n-n_e] \\ &= x_m[n] e^{\frac{j2\pi k_e}{N}} \cdot e^{2\pi k_e \frac{m(N+G)}{N}} \cdot e^{P_s} + W_m[n] \end{aligned}$$

<41> 상기 $y'_m(k)$ 는 FFT(149)를 거치게 되면 FFT의 성질에 의해 주파수 오류는 신호의

이동으로 타이밍 오류는 신호의 위상의 변화량으로 변환되며, 이하 <수학식 5>와 나타난다.

<42> 【수학식 5】

$$\begin{aligned} Y'_m(k) &= X_m(k-k_e) e^{\frac{j2\pi(k-k_e)n_e}{N}} \cdot e^{\frac{2\pi k_e m(N+G)}{N}} \cdot e^{p_e} + W_m[k-k_e] \\ &= X_m(k-k_e) e^{\frac{j2\pi k_e}{N}} \cdot e^{-\frac{j2\pi k_e n_e}{N}} \cdot e^{\frac{2\pi k_e m(N+G)}{N}} \cdot e^{p_e} + W_m[k-k_e] \end{aligned}$$

<43> 타이밍 복구기(151)에서 상기 $Y'_m(k)$ 로부터 파일럿 심벌만 검출하면 이하 <수학식 6>과 같이 나타낼 수 있다.

<44> 【수학식 6】

$$\begin{aligned} Y'_m(k) &= X_m(k-k_e) \cdot e^{\frac{j2\pi k_e}{N}} \cdot e^{-\frac{j2\pi k_e n_e}{N}} \cdot e^{\frac{2\pi k_e m(N+G)}{N}} \cdot e^{p_e} + W_m[k-k_e] \\ \text{where } m &= 0, l-1, 2l-1, 3l-1, \dots \end{aligned}$$

<45> 상기 1은 파일럿 심벌의 삽입주기이다. 상기 수신된 파일럿 심벌의 위상을 구해보면 이하 <수학식 7>로 나타난다.

<46> 【수학식 7】

$$\angle Y'_m(k) = \angle X_m(k-k_e) + \frac{2\pi n_e}{N} k - \frac{2\pi n_e k_e}{N} + \frac{2\pi k_e m(N+G)}{N} + p_e + \angle W_m[k-k_e]$$

<47> 여기서 두 번째 항은 인덱스 k에 따른 위상의 일정한 변화로 나타나고, 다음 3개의 항들은 상수 위상 오프셋으로, 마지막 항은 위상의 변동(Fluctuation)으로 나타난다.

<48> 수신기에서 $\angle X_m(k)$ 를 기준 위상으로 갖고 있으므로, 타이밍 오류 n_e 를 구하기 위해 수신된 파일럿 심벌의 위상과 기준 위상간의 차를 구해보면 다음과 같다.

<49> 【수학식 8】

$$\begin{aligned} \text{diff}_{\text{phase}} &= \angle Y'_m(k) - \angle X_m(k) \\ &= \angle X_m(k-k_e) - \angle X_m(k) + \frac{2\pi n_e}{N} k - \frac{2\pi n_e k_e}{N} + \frac{2\pi k_e m(N+G)}{N} + p_e + \angle W_m[k-k_e] \end{aligned}$$

<50> 상기 <수학식 8>에서 주파수 오류 k_e 가 0인 경우 $\angle X_m(k-k_e) - \angle X_m(k)$ 의 값이 0

이 되어 위상차는 인덱스 k 에 대해 잡음에 의한 변동이 포함된 선형 라인으로 나타나므로, 위상 차 라인의 기울기를 추정하여 타이밍 오류 n_e 를 구할 수 있다. 주파수 오류 k_e 가 0이 아닌 경우, $\angle X_m(k-k_e) - \angle X_m(k)$ 의 값이 0이 아니므로 위와 같은 방법으로 타이밍 오류 n_e 를 구하기 힘들다. 따라서 본 발명에서는 주파수 오류가 있는 상황에서도 타이밍 오류를 찾을 수 있는 방법중 하나로, 파일럿 심벌의 모든 샘플들이 동일한 위상을 갖도록 한다. 이를 위해 파일럿 심벌의 실수부와 허수부를 동일한 신호를 보내는 방법이 있다. 이 경우 채널의 영향을 무시한다면 주파수 오류의 영향을 전혀 받지 않는다.

<51> 주파수 오류 k_e 는 한 샘플 간격의 정수배의 주파수 오류 k_{ei} 와 한 샘플 간격 이내의 값을 가지는 k_{ed} 로 나눌 수 있는데, 위와 같은 방법을 사용할 경우 위상 차 라인에서 k_{ei} 에 의한 영향은 전혀 없으며, k_{ed} 에 의한 영향은 상수 위상 오프셋으로 나타나므로 기울기에 전혀 영향을 미치지 않는다.

<52> 도5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 직교주파수다중/부호분할다중접속 이동통신시스템에서 파일럿 심벌 삽입 방법을 나타낸 포맷도를 나타내고 있다. 도5에서는 5 심벌 간격으로 파일럿 심벌이 삽입됨을 나타내고 있다.

<53> 도6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 직교주파수다중 이동통신시스템에서 위상차 기울기를 나타낸 도면이다. 파일럿 신호를 심벌 단위로 삽입함으로써 위상 라인을 용이하게 구할 수 있음을 알 수 있다. 이는 타이밍 에러를 쉽게 보상할 수 있음을 의미한다.

<54> 도7은 상기 도4의 타이밍 복구부(151)의 상세 블록 구성도이다. 이하 도7을 참조하여 설명하면 위상검출기(161)는 파일럿 심벌 검출기(152)에서 입력하는 파일럿 심벌을 샘플단위로 입력받고, 파일럿 샘플의 위상을 검출하여 위상차 검출기(163)로 출력한다. 위상차 검출기(163)는 상기 검출된 파일럿 샘플의 위상과 수신기가 알고 있는 기준 위상

의 위상차를 계산하고, 계산된 위상차를 $\pm\pi$ 이내의 값으로 변환하여 위상 변화량 추정부(165)로 출력한다. 위상 변화량 추정부(165)는 상기 위상차 값을 입력받고 위상 라인을 구하고, 추이 횟수를 카운트한다. 상기 추이값의 카운트값과 방향은 샘플주기의 정수배-1 만큼의 타이밍 오류를 나타낸다. 상기 추이값이 카운트되면 상기 위상 변화량 추정부(165)는 상기 카운트 값을 타이밍 에러 복구 신호 발생부(167)로 출력한다. 타이밍 에러 복구 신호 발생부(167)는 상기 카운트 값에 따라 타이밍 오류를 보상한다. 상기 타이밍 오류 보상 시 샘플 간격 이상의 타이밍 오류 n_{ei} 와 샘플 간격 이내의 타이밍 오류 n_{ed} 로 분류하여 보상하며, 샘플 간격 이상의 타이밍 오류인지 아니면 샘플 간격 이내의 타이밍 오류인지의 판단은 카운트 값이 1보다 작으나 크냐에 의해 판단한다.

<55> 도8은 본 발명의 실시 예에 따른 타이밍 에러 보상방법을 나타낸 흐름도로서, 이하 도7을 설명함에 있어서 도8을 참조하여 설명한다.

<56> 잡음과 상수 위상 오프셋이 포함될 경우, 잡음에 의해 변동(Fluctuation)이 발생하고, 이로 인해 잡음 라인의 값이 $\pm\pi$ 부근으로 접근할 때 수회의 원하지 않는 변동들이 발생한다. 본 발명에서는 잡음에 의한 추이는 반드시 +, - 방향의 개수가 같다는 사실을 이용한다.

<57> 위상 검출기(161)가 파일럿 심벌을 샘플단위로 입력받아 위상을 검출하여 출력하면, 위상차 검출기(163)는 801단계로 진행한다. 상기 801단계에서는 상기 검출된 위상과 기준 위상을 상위계층으로부터 입력받아 위상차를 구한다. 위상차가 구해지면, 구해진 위상차를 $\pm\pi$ 내의 위상으로 변환한다. 이는 상기 위상이 $\pm\pi$ 이내의 값을 가지므로 위상차가 $\pm 2\pi$ 이내의 값 사이에 존재하게 되고, 위상 라인이 $\pm\pi$ 사이에서 존재하기 때문이다. 상기 $\pm 2\pi$ 추이를 $\pm\pi$ 내의 위상으로 변환은 이하 <수학식 9>로 나타낼 수 있다.

<58> 【수학식 9】

$$P'_{n+1} = \begin{cases} P_{n+1} - 2i\pi, & \text{if } (2i-1)\pi < (P_{n+1} - P'_n) < (2i+1)\pi \\ P_{n+1} + 2i\pi, & \text{if } -(2i+1)\pi < (P_{n+1} - P'_n) < -(2i-1)\pi \\ P_{n+1}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

<59> 상기 P는 위상 라인 각각의 위상값들을, P'는 변환된 위상값들을 의미한다.

<60> 위상 변환량 추정부(165)는 상기 801단계에서 위상차 검출기(163)로부터 구해진 위상차 값이 입력되면, 803단계에서 위상라인의 특성에 의해 발생하는 추이 nt의 수를 카운트한다. 803단계에서 추이 nt의 수가 카운트되면 위상 변화량 추정부(165)는 805단계에서 추이 nt가 1이상의 값을 가지는지를 판단한다. 상기 판단결과 추이 nt가 1이상의 값을 가지면 타이밍 에러 복구신호 발생부(167)로 정수배 타이밍 에러 n_{ei} 보상신호를 출력하여 807단계로 진행하고, nt가 1미만의 값을 가지면 샘플 간격 이내의 타이밍 에러 n_{ed} 보상신호를 출력하여 809단계로 진행한다. 상기 807단계에서는 타이밍 신호 발생부(167)가 상기 위상 변화량 추정부(165)로부터 n_{ei} 보상 신호를 입력받고, 상기 n_{ei} 보상 신호에 따라 정수배 타이밍 에러가 보상된 타이밍 신호를 조절하여 ADC(145) 및 보호구간 제거기(147)로 출력한다. 그리고 809단계에서는 잡음에 의한 변동이 포함된 위상라인에서 잡음의 영향을 제거하고, 원래의 기울기에 가까운 값을 구하기 위해 이하 <수학식 10>에 의해 N/2개의 샘플로 나누고, 상기 2개의 N/2 샘플의 평균을 구한다. 그런 다음, 두 평균값으로부터 잡음이 제거된 위상라인을 얻을 수 있다.

<61> 【수학식 10】

$$a, 2a, \dots, \frac{N}{2}a, \left(\frac{N}{2} + 1\right)a, \dots, (N-1)a, Na \quad (1)$$

$$a + w_1, 2a + w_2, \dots, \frac{N}{2}a + w_{\frac{N}{2}}, \left(\frac{N}{2} + 1\right)a + w_{\frac{N}{2}+1}, \dots, (N-1)a + w_{N-1}, Na + w_N \quad (2)$$

$$avg_{first} = \left(a + 2a + \dots + \frac{N}{2}a\right) + \left(w_1 + w_2 + \dots + w_{\frac{N}{2}}\right) \quad (3)$$

<62> 상기 <수학식 10>의 (1)는 N이 짝수인 경우 기울기가 a인 위상라인의 각 샘플값들

을 나타내고, (2)는 잡음이 포함된 경우의 각 샘플값들을 나타낸다. 그리고 (3)는 $N/2$ 개의 샘플들의 평균값을 나타낸다.

<63> 그리고 상기 위상 라인으로부터 <수학식 11>에 의해 기울기를 구하여 n_{ed} 보상 신호를 출력한다. 그러면 타이밍 신호 발생부(167)는 811단계에서 상기 n_{ed} 보상 신호를 입력받고, 상기 n_{ed} 보상신호에 따른 샘플 이내의 타이밍 오류가 보상된 타이밍 신호를 ADC(145) 및 보호구간 삽입기(147)로 출력한다.

-【발명의 효과】

<64> 상기한 바와 같이 본 발명은 타이밍 오류 추정시 주파수 오류의 영향을 거의 제거할 수 있으므로, 주파수 오류를 완전히 보상하지 않은 상태에서도 타이밍 오류를 보상할 수 있는 이점이 있다.

<65> 또한 본 발명은 잡음에 의한 변동과 원하지 않는 추이의 영향을 제거함으로써 정확도를 높일 수 있는 이점이 있다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

심볼단위의 파일럿 심벌을 포함하고 있는 직교주파수분할다중 신호를 수신하는 직교주파수분할다중 시스템에 있어서,

소정의 타이밍 오류 추정신호를 입력받아 상기 직교주파수분할다중 신호를 디지털 형태의 직교주파수분할다중 심벌로 변환하여 출력하는 아날로그/디지털 변환기와,

소정의 고속 푸리에 변환 윈도우의 상기 직교주파수분할다중 심벌을 입력받고, 상기 타이밍 오류 추정 신호를 입력받아 보호구간을 제거하여 출력하는 보호구간 제거기와,

고속 푸리에 변환된 직교주파수분할다중 심벌로부터 파일럿 심벌을 검출하는 파일럿 심벌 검출기와,

상기 검출된 파일럿 심벌을 입력받아 정확한 선형특성을 이용하여 타이밍 신호를 상기 아날로그/디지털 변환부와 보호구간 제거기로 출력하는 타이밍 복구기로 이루어짐을 특징으로 하는 타이밍 오류 복구 시스템

【청구항 2】

제1항에 있어서, 상기 타이밍 복구기가,

상기 파일럿 심벌의 위상을 샘플단위로 검출하는 위상 검출기와,

상기 검출된 파일럿 샘플의 위상과 기준 위상간의 위상차를 검출하여 일정범위 내의 값으로 변환하여 출력하는 위상차 검출기와,

상기 위상차를 심벌단위로 누적하여 위상라인을 구하고, 상기 위상라인에서의 추이횟수를 카운트하여 출력하는 위상 변화량 추정부와,

상기 추이횟수 카운트 값에 따라 타이밍 오류를 보상하여 타이밍신호를 출력하는 타이밍 신호 발생부로 이루어짐을 특징으로 하는 타이밍 오류 복구 시스템.

【청구항 3】

제2항에 있어서, 상기 범위가 $\pm\pi$ 임을 특징으로 하는 타이밍 오류 복구 시스템.

【청구항 4】

직교주파수분할다중 시스템의 타이밍 복구 방법에 있어서,

심벌단위로 수신되는 파일럿 심벌을 검출하고, 상기 검출된 파일럿 심벌의 위상과 기준 위상과 위상차를 구하여 일정 범위내의 위상차값으로 변환하고, 상기 변환된 위상차값의 추이 횟수를 이용하여 타이밍 에러를 보상함을 특징으로 하는 방법.

【청구항 5】

제4항에 있어서, 상기 위상차 범위가 $\pm\pi$ 임을 특징으로 하는 방법.

【청구항 6】

직교주파수분할다중 시스템의 타이밍 복구 방법에 있어서,

수신된 파일럿 심벌의 샘플단위로 위상을 검출하는 과정과,

상기 검출된 위상과 기준 위상의 위상차를 구하여 일정 범위내의 위상차로 변환하는 과정과,

상기 일정 범위 내에서의 추이 횟수를 카운트하는 과정과,

상기 카운트 값이 일정 값보다 큰지를 판단하는 과정과,

상기 카운트 값이 일정 값보다 크면 타이밍 에러를 보상하는 과정으로 이루어짐을 특징으로 하는 방법.

【청구항 7】

제6항에 있어서, 상기 카운트 값이 일정 값보다 작으면 위상 라인으로 변환하고 라인 슬로프를 추정하여 타이밍 에러를 보상하는 과정을 더 포함함을 특징으로 하는 방법.

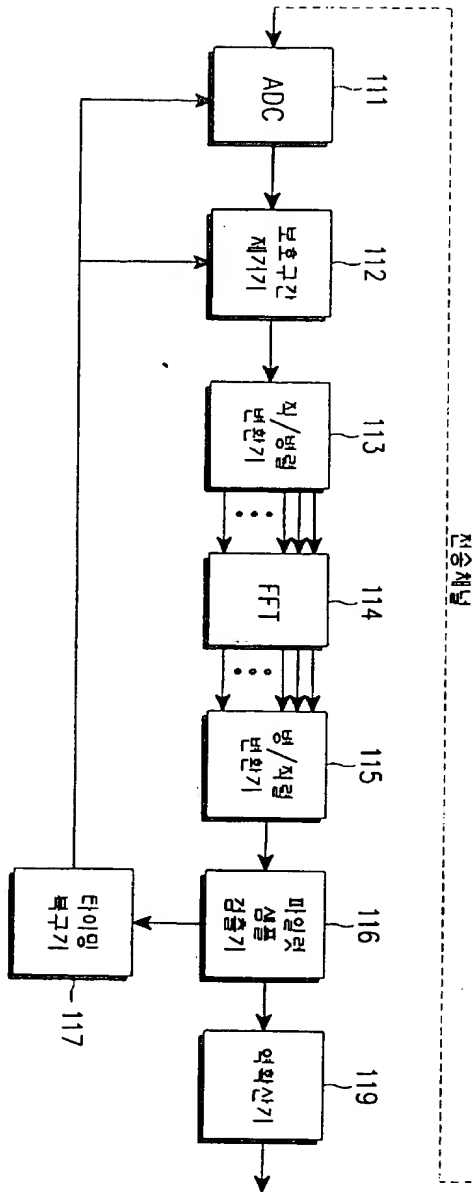
【청구항 8】

제6항에 있어서, 상기 일정 값이 1임을 특징으로 하는 방법.

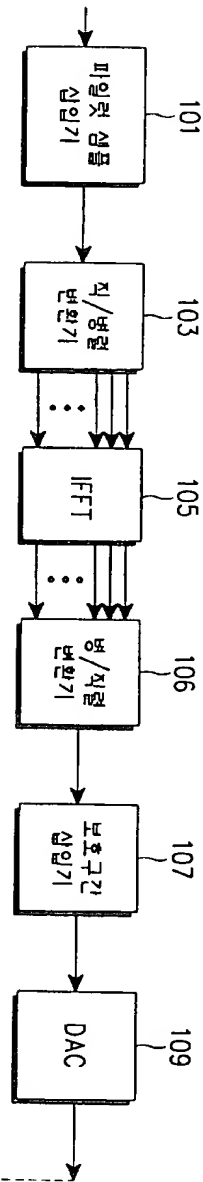
【청구항 9】

제6항에 있어서, 상기 위상차의 일정 범위가 $\pm\pi$ 임을 특징으로 하는 방법.

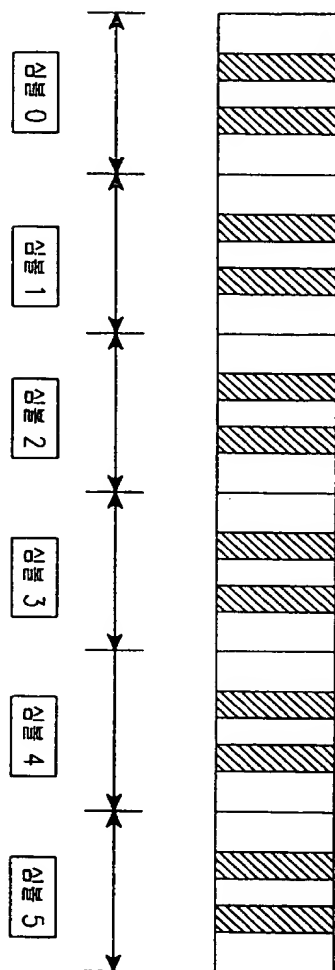
【도 1】



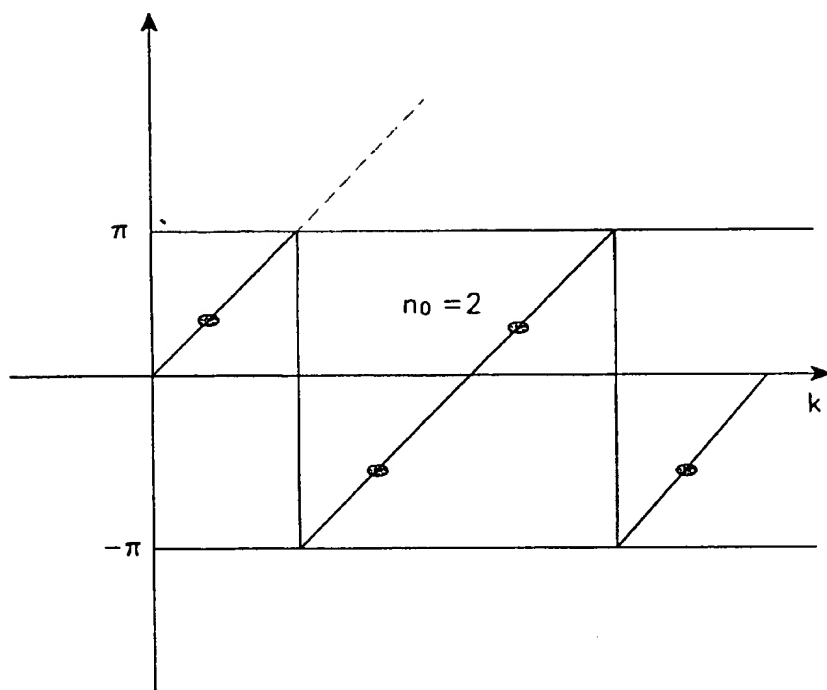
【도 2】



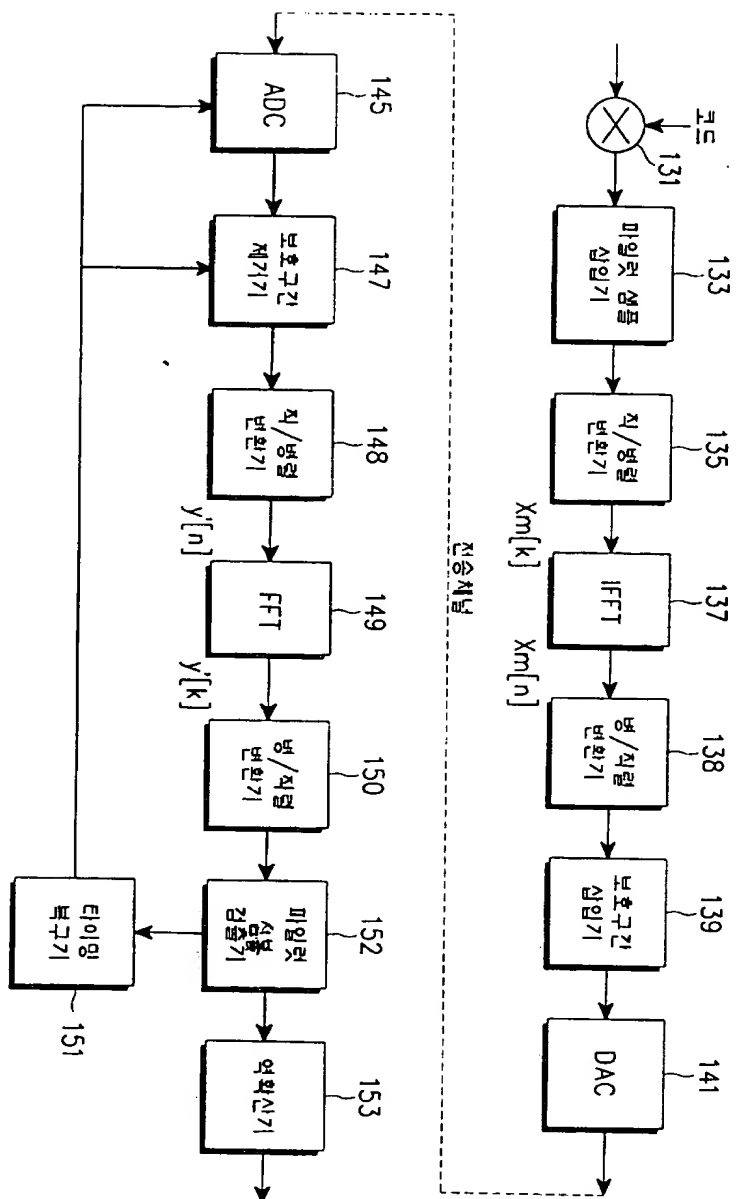
【도 2】



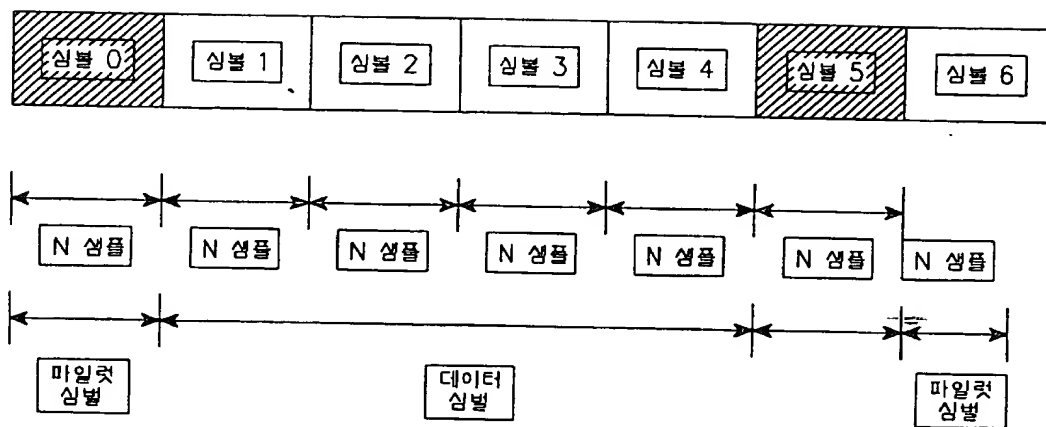
【도 3】



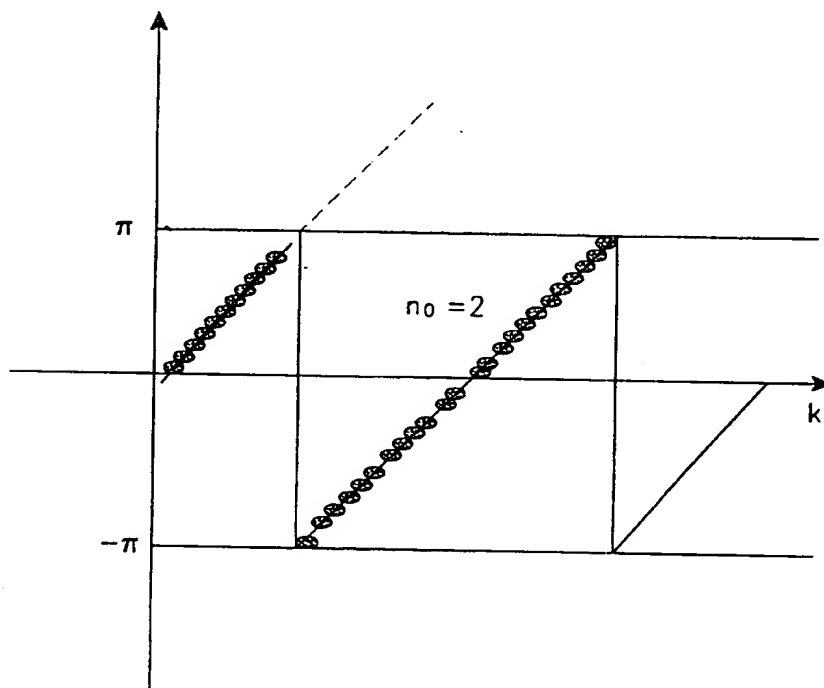
【도 4】



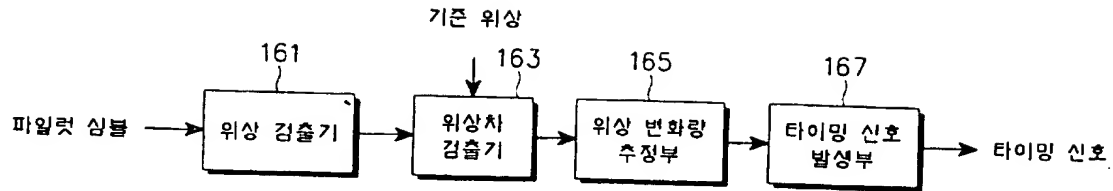
【도 5】



【도 6】



【도 7】



【도 8】

